



els virus dels vegetals

autor

Xavier Fontanet, biòleg i enginyer tècnic agrícola.

El terme virus significa en llatí "verí" o "fluid metzinós", i abans que al segle XIX es descobrissin els bacteris, es feia servir per descriure qualsevol substància causant de malalties. A l'actualitat, per virus es designa un gran grup d'agents causants de malalties (patògens) de mida extremadament petita -cal recórrer al microscopi electrònic per observar-los- formats per una càpsula de proteïna que conté molècules portadores d'informació genètica (ADN o ARN).

La biologia no els considera organismes vius.

La biologia no considera els virus organismes vius ja que els manquen els gens i les proteïnes per automantenir-se i ho prenen tot prestat de les cèl·lules vives que els allotgen i que posen a treballar per multiplicar-los. Només aporten la informació genètica que la cèl·lula pren com a pròpia. Així arribarà un moment que la cèl·lula haurà fabricat tantes partícules virals que rebenatarà, i aquestes tindran un temps limitat per trobar-ne una altra abans de degradar-se en el medi.

Es pot establir un analogisme estructural entre un virus i una xeringa de proteïna que conté els plànols de fabricació (en format ADN o ARN) d'una nova xeringa que els injectarà a una cèl·lula hoste per posar-la a produir. Els virus biològics es reproduïxen dins dels seus hostes de la mateixa manera que els virus digitals ho fan dins els ordinadors, sense els quals són simples programes. I de manera semblant a una errada de transcripció, els virus biològics i digitals muten i evolucionen.

Els virus, com hem dit, queden fora de la concepció de la vida tot i que són fabricats a partir dels mateixos materials d'aquesta. No poden viure sense organismes vius als quals parasitin i no barem organisme viu que no desenvolupi virus propis. Així veiem que el seu lligam amb la vida és estret. No només deixen i prenen fragments d'informació genètica de les cèl·lules vives sinó que en elles tenen el seu origen. Això s'ha demostrat exposant els bacteris a radiació ultraviolada, que els trenca el seu material genètic

en fragments, alguns dels quals poden actuar com a virus sobre els bacteris supervivents.

En aquesta relació genètica es troba la base de la tremenda especificitat dels virus respecte els seus hostes. Així es pot dir que som simplement immunes a la majoria dels virus de la natura, perquè no hi ha manera que ens puguem "reconèixer" amb ells. Els que ens preocupen són els pocs amb qui podem tenir relació, entre els quals no figuren cap dels que aquí parlarem com a virus dels vegetals o els que en els cultius puguem aplicar per combatre alguna plaga (per ex. el virus de la granulosi contra la carpocapsa de la pomera).

Més enllà d'un pur efecte patògen, els individus vius poden mostrar tolerància i acumular virus que no els limiti la supervivència immediata, i encara més, els atorgui alguna característica pròpia (fins i tot avantatge d'algun tipus). Un exemple molt il·lustratiu és l'explicat per un obtentor de varietats de fruita que al procedir a sanejar de virus clons de pera *ercolina*, els fruiters resultants donaven fruita d'una forma diferent a la pròpia de la varietat (molt més ample de la base, ell bromejava anomenant-la "ercolona").

Finalment cal indicar que a la natura encara es poden trobar agents patògens més elementals que els virus, amb capacitat d'infecció i multiplicació. Els *viroids* fins i tot careixen de la coberta de proteïna, i els sorprenents prions (com els causants de la malaltia de Jakob-Creutzfeldt) no són més que cadenes de

proteïna capaces de trobar una proteïna semblant i "convèncer-les" que prenguin la mateixa forma que elles.

ELS VIRUS DELS CULTIUS

S'han descrit més de 200 virus sobre cultius, tot i que la gran part no es poden considerar d'importància econòmica perquè es manifesten de forma regular en una zona i dintre dels límits de l'equilibri natural (*virus endèmics*). Però a voltes, amb la introducció a un nou ambient poden esdevenir greus *virus epidèmics* com es va donar amb el virus del bronzejat del tomàquet (TSWV) o el de la cullera del tomàquet (TYLCV).

Respecte al nom del virus, cal saber que ve del nom del vegetal en què es va trobar en primer lloc, tot i que no sigui el més afectat o el de més importància econòmica. Entre parèntesi figuren les sigles del nom en anglès que ens permetrà referir-nos inequívocament al virus concret. Per exemple el virus del mosaic del cogombre (CMV, Cucumber Mosaic Virus) pot causar greus pèrdues econòmiques en els cultius de tomaquera i pebrot.

SÍMPTOMES I DIAGNOSI

Tot i que hi ha símptomes força clàssics de virosi, aquests poden ser molt variables segons les condicions, i una diagnosi definitiva només es pot obtenir al laboratori a partir del contrast amb patrons de virus coneguts, mitjançant proves de tipus immunològic (exposant-los a anticossos amb molècules marcadores) o de tipus genètic (localit-

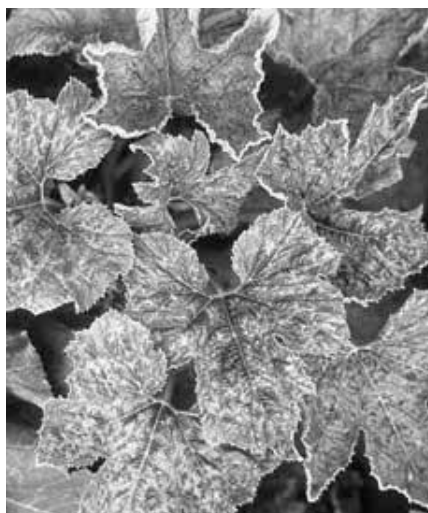
zant fragments del codi preconeguts).

La primera mostra que un conreu pot estar infestat per un virus és la seva aparença d'anormalitat que de forma general es solen concretar amb varis d'aquests símptomes:

- Taques en mosaic a la fulla, amb diverses tonalitats de color del verd al groc. És el símptoma més clàssic. En les plantes amb fulles de nervis paral·lels les decoloracions prenen aspecte estriat.
- Esgroguement general, inicialment entre els nervis.
- Enanisme o reducció de la mida de la planta sencera o de les seves puntes de creixement.
- Borrans abundants, estèrils o abortats, donant aspecte enmaranyat a la planta.
- Distorsions, abutllofament i altres alteracions de la forma en diferents òrgans. En les cucurbitàcies és molt evident en el fruit.
- Decoloracions i taques en forma d'anells concèntrics, sobretot als fruits.
- Necrosi (mort i ennegriments del teixit) en diferents zones, de forma progressiva i a partir de petites puntejades negres.

Els danys, doncs, afecten directament al creixement de la planta, la quantitat i la qualitat de la producció i a la vida del cultiu. Lògicament, cada virosi donarà simptomatologia i danys característics. La distribució de l'afectació sobre el cultiu pot tenir un aspecte repartit més o menys general i progressiu, però tampoc és estrany trobar que evolucioni en rodals o al llarg de fileres.

Una manera casolana de sospitar de la presència d'un virus és prendre una fulla amb símptomes i mantenir-la alguns dies a una cambra humida (sobre un paper humit dins un pot de vidre tapat). Una infecció fúngica mostrarà sobre les taques fructificacions tipus florit, i una bacteriosi donarà podriments (sovint amb mala olor). En canvi, una virosi no mostrarà evolució especial en les taques.



Mosaic en fulles de cogombre (WMV2)

LA TRANSMISIÓ DELS VIRUS

Per multiplicació vegetativa

Qualsevol òrgan de reproducció vegetativa d'una planta infectada (tubercles, bulbs, rizomes, esqueixos, empelts, estolons, etc.) transmetrà el 100% dels virus a la futura planta. D'aquí la problemàtica que se'n deriva per a cultius com la patata, l'all, els fruiters, etc. En són exemples el virus Y de la patata (PVY) i el virus de la tristesa dels cítrics (CTV).

A través de les llavors

Aquesta és la via menys freqüent de transmissió (una cinquena part dels virus), però es dona més correntment en les famílies botàniques de les compostes, lleguminoses i solanàcies. En canvi, és sense dubte la forma més eficaç de transmissió de virus a llarga distància i aquests virus arriben arreu. Un tipus més concret són les llavors infectades a través del pol·len. En són exemples: el virus del mosaic del cogombre (CMV), i el virus del mosaic comú de la mongeta (BCMV).

Mecànicament i per contacte

De forma indirecta, els treballs de manipulació intensa de plantes amb les mans o amb eines són una gran via de transmissió en tasques com el trasplantament, l'escarda, la poda, la recol·lecció, etc. La transmissió per contacte directe és típica de virus molt infecciosos que estan presents en elevada concentració a l'epidermis i als pèls (tricomes) foliars. La transmissió es dona pel trencament de pèls i el fregament de les fulles pel moviment del vent, pas d'animals o eines. També es pot donar transmissió per contacte entre arrels en plantacions denses o

fins i tot entre brots de patates al magatzem. En són exemples el virus del mosaic del tabac (TMV) i el virus X de la patatera (PVX).

Per organismes vectors

La forma més comuna de transmissió de virus és mitjançant paràsits vegetals amb un aparell bucal de tipus picador-xuclador (sobretot insectes i també àcars i nematodes), i fins i tot per fongs. Aquests vectors són específics per cada virus. Quantitativament els pugs són els insectes vectors més importants però tenen gran incidència alguns virus tramesos per trips (v. del bronzejat –TSWV-), i mosques blanques (v. de la cullera –TYLCV-).

S'ha estudiat profundament la relació d'aquests vectors amb els virus i s'han trobat diferents casos, dels quals els més extrems són:

- a) En la major part de les virosis hortícoles l'estilet bucal de l'insecte resta contaminat després d'alimentar-se d'una planta infectada i el pot transmetre ràpidament a les següents plantes durant un breu període de temps (algunes hores). En aquest cas parlem de *virus no persistents* i és el cas típic de transmissió per pugs al realitzar les seves habituals "picades de prova". En el cas dels *virus semipersistents* cal varis minuts de succió i la infectivitat es pot allargar fins a un dia.
- b) En canvi en els *virus persistents* l'insecte requereix molt més contacte amb la planta infectada, i es dona un període de latència (dies-setmanes) fins que aquest pugui transmetre el virus. Després el vector pot ser infectiu durant molt temps, fins i tot la resta de la seva vida. És l'exemple del virus del bronzejat (TSWV) transmès pel trip *Frankliniella occidentalis*.

FACTORS EPIDEMIOLÒGICS

Una cosa cal tenir sempre clara: els virus són paràsits obligats que fora del seu hoste i exposats a la intempèrie tenen el temps comptat. Així cal observar els llocs on poden resistir més (restes vegetals, fluids líquids, determinats materials, etc.)

L'especificitat genètica pot determinar immunitat de la planta al virus. Els virus més polífags, com el TSWV i el CMV, poden arribar a infectar fins a centenars d'espècies de vegetals. En canvi altres com el TYLCV es restringeix a molt poques. Però la receptivitat a infeccions virals pot ser molt influenciable



Tomàquet afectat pel TSWV

per característiques morfològiques: molts pèls poden afavorir la transmissió per contacte i l'excreció de substàncies enganxoses pot dificultar la transmissió per pugons. Els pugons també són més atrets pel color groc-verd tènue que pel verd fosc. Alhora els desagrada el fullatge brillant i reflectora i les essències molt aromàtiques d'algunes labiades (menta, espígol, etc.). Els clavells d'índies (*Tagetes*) repel·len els nematodes del sòl, també transmissors.

La reserva vírica també es pot trobar a la vegetació espontània, en llavors i material de reproducció infectat, en els residus vegetals poc degradats i en les eines i equips de treball.

Lògicament les plantes de cycle llarg o creixement lent també són molt exposades, sobretot les de primavera-estiu. En zones on el clima permeti cultius continus o sobreposats d'espècies sensibles, els cultius són la font més perillosa d'inòcul. En eliminar la part aèria d'un conreu, els insectes aniran a colonitzar-ne massivament un altre. Les zones on l'estació freda obliga a una pausa de cultiu i les temperatures deriven en mortaldat de molts insectes, la incidència és clarament menor.

Són molts els factors que determinaran que es doni una infecció i es desenvolupi una virosi, començant per l'ambient

que envolta el cultiu, la seva predisposició (i uniformització) genètica i l'estat sanitari global (nutrició, manca d'estressos). L'agressivitat i virulència de les virosis seran així conseqüència de tot plegat.

EL PAPER DE L'HOME

És sense cap dubte l'activitat humana el que ha determinat l'actual explosió de virus agrícoles, causada pel trencament dels equilibris naturals que fan que rarament trobem virus en formes epidèmiques a la vegetació espontània de plantes anuals no contaminades. La introducció d'espècies i varietats en nous ambients és una de la causes més freqüents, com va passar a Itàlia a la postguerra amb una epidèmia de MRDV lligada a la introducció de blat de moro híbrid nord-americà. Paradoxalment, l'activitat de la millora genètica ha contribuït a voltes a agreujar la situació, essent sovint les col·leccions varietals de germoplasma exòtic introduïdes en les varietats de selecció els primers focus d'infecció.

L'agricultura intensiva, el conreu sota plàstic i la repetició de cultius són els principals aliats dels virus. A més hem d'afegir-hi la contribució de fonts de contaminació humana com l'ozó (O_3) troposfèric d'origen industrial, que a la primavera-estiu augmenta la seva concentració al litoral mediterrani, i que s'ha relacionat amb la incidència de virosis. No li manca raó al fitopatòleg José Luís Porcuna quan defensa en públic que els virus són un "senyal" que *no ho estem fent bé*, mentre altres es refugien en explicacions des de purament mecanicistes a esotèriques.



Cogombres i carbassons afectats pel ZYMV

DEFENSA CONTRA LES VIROSIS

Aclariments previs

- Actualment és impossible curar una planta afectada per virosi. La lluita és preventiva i indirecta i no hi ha productes quimioterapèutics disponibles.
- Els virus només poden viure sobre cèl·lules vives i la seva mort i degradació destrueix també els virus, que no presenten formes de resistència en front condicions ambientals exteriors (al contrari de bacteris i fongs).
- L'única forma d'eliminar un virus dins un teixit vegetal és sotmetre'l a un tractament tèrmic per sobre dels 50°C (alguns requereixen incineració). Lògicament això també mata el teixit vegetal viu.
- No existeixen vacunes que pugui actuar, com les vacunes aplicables a animals. Les plantes no tenen un sistema immunitari de tipus general que pugui fabricar anticossos específics i repartir-los arreu. Sí que es poden donar reaccions locals de resistència inespecífica que es podrien estimular indirectament però que no garanteixen res (per exemple amb microlesions per tractaments a base de silici, quars en pols, etc.) Actualment però, s'està proposant la preimmunització de plantes a partir de soques atenuades del virus, que no són transmissibles per pugons, tècnica que convé avaluar bé des del punt de vista de la bioseguretat.

Mesures de prevenció agronòmiques

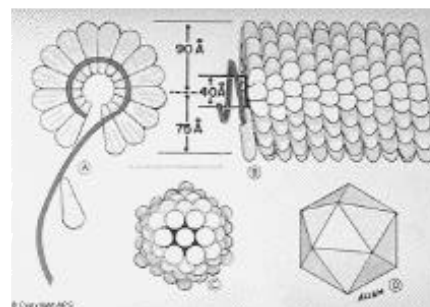
- No abandonar el cultiu tant bon punt no sigui útil econòmicament. S'ha d'arrancar i eliminar ràpidament.
- L'hivernacle, convé mantenir-lo totalment net de cultius i herbes des d'almenys 30 dies abans de la plantació, i

arreglar estrips i degoters en el plàstic.

- Eliminar els residus de cultius precedents sospitosos, sobretot per prevenir virus transmissibles per vectors a través del sòl (nematodes i fongs). Les partícules virals podrien quedar protegides en la matèria orgànica del sòl i fins i tot traslladar-se per l'aigua de reg. Cal retirar i cremar o compostar a part i de forma controlada aquests residus.
- El compostament de residus virosats ha de fer-se a part i curosament. Ens hem d'assegurar que es donin fortes pujades de temperatura a la pila i que el procés és doni completament (almenys de 6 mesos).
- Eliminació immediata de qualsevol planta virosada per evitar transmissions per vectors aeris (insectes). S'ha suggerit de tancar les plantes en sacs de plàstic fins assegurar la mort de tots els insectes vectors.
- Descontaminació de les mans i eines de talls abans de realitzar operacions de manipulació que es repeteixin periòdicament (trasplantaments, esporgues en verd, etc.). Es poden utilitzar productes com el fosfat trisòdic al 3-5% o

llet desnatada (al 20 % en aigua), alcohol de 95º, etc.

- En les rotacions, cal realitzar una alternança de cultius susceptibles i immunes als virus predominants.
- S'ha observat millores al desplaçar cultius de les zones més costaneres a zones més interiors (com l'enciam del Baix a l'Alt Camp) o cap a zones amb poca pressió del virus, com el pebrot entre arrossars del Delta de l'Ebre.
- S'ha plantejat la destrucció anticipada de la part aèria de la planta per evitar infeccions tardanes a òrgans de multiplicació vegetativa (tubercles, bulbs, etc.).
- Anticipació o ajornament de les sembres i trasplantaments a camp, per evitar els moments de màxima activitat dels insectes vectors.
- Jaç protector amb materials reflectors contra insectes voladors com pugons i mosques blanques. Es pot emprar plàstic o palla, però també s'ha proposat irrigar la superfície del sòl amb una solució aquosa de làtex.
- Protecció del planter amb xarxes antiinsectes i en hivernacle assegurar amb aquestes totes les obertures a l'exterior.
- Utilització de gasses de polipropilè (tipus manta tèrmica) per la cobertura de cultius a l'aire lliure des de la sembra-plantació fins a la recol·lecció dels primer fruits. S'han observat bons resultats en front a virus no-persistentes.
- Implantació de tallavents i tanques vegetals formades per plantes no susceptibles (per exemple gramínies com



Partícula vírica de TMV (coberta proteica i hèlix d'ARN.)

el blat de moro o el sorgo). En zones on el vent porti insectes directament d'un cultiu veí també convé implantar una pantalla de malla antiinsectes de dos o tres metres).

- Interrompre el cultiu d'una espècie susceptible durant un període important de l'any, cosa que s'ha d'aplicar a un territori de dimensions important.
- Intentar portar un control prou acurat de l'herba del cultiu per no desenvolupar plantes reserva de virus i vectors. Però atenció que una eliminació de flora molt feta pot portar a un desplaçament en massa d'insectes transmissors cap al cultiu.
- També s'ha citat el cultiu de cobertura de plantes no susceptibles al virus, com s'ha demostrat a Sud-Amèrica amb el llobí entre patateres per reduir les infeccions víriques dels tubercles.

Tractaments

- El tractament insecticida sobre els insectes vectors poden prevenir infec-

Virus i abreviació	Cultius afectats	Transmissió
Bronzejat del tomàquet TSWV	Tomàquet, pebrot, enciam, albergínia, mongeta	Trips <i>Frankliniella occidentalis</i> (persistent)
De la cullera TYLCV	Tomàquet, mongeta, albergínia i pebrot.	Exclusivament per la mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> (semipersistent)
Mosaic del tabac TMV	Tomàquet, pebrot, patata	Contacte, llavors i restes en el sòl
Mosaic del cogombre CMV i la seva variant CARNA5	Cucurbitàcies, solanàcies, lleguminoses. Ampli espectre.	Pugons (no-persistent), llavors
Mosaic de l'enciam LMV	Enciam	Pugons (no-persistent), llavors
Enanisme groc OYDV	Calçots	Pugons (no-persistent), propagació vegetativa
Mosaic comú de la mongeta BCMV	Mongeta	Llavors, pugons (no-persistent)
Virus Y de la patata PVY	Patata, tomàquet, pebrot, albergínia.	Pugons (no-persistent), multiplicació vegetativa
Sharka dels fruiters de pinyol PPV	Albercoc, prunera, cirerer	Pugons (no-persistent), multiplicació vegetativa, poda.
Tristesia dels cítrics CTV	Cítrics (peu taronger amarg)	Multiplicació vegetativa, poda
Entrenús curt de la vinya GFV	Vinya	Multiplicació vegetativa, poda

cions precoces contra virusos persistents però no són gens eficaços contra virus no-persistents com els introduïts pels pugons alats en continua successió des de la vegetació circumdant. A més d'afectar insectes beneficiosos, fins i tot s'ha observat que en alguns casos poden accelerar l'increment d'infeccions víriques.

- El tractament amb olis minerals d'estiu (al 1-4% en emulsió aquosa) poden tenir certa eficàcia contra virus no-persistents. Sembla que actuen a nivell de l'estilet de l'insecte, interferint la retenció i alliberament de les partícules virals. Es recomana tractaments acurats a les dues cares del fullatge cada 4-8 dies en funció de la rapidesa de creixement.

- Estimular la població autòctona d'insectes auxiliars amb plantes insectàries i tanques vegetals ruixades amb melasses com a suplement alimentari.

Utilització de llavor i planter sa

- Realització de cultius de propagació com patata en zones de muntanya. Per sobre dels 800 metres ja no trobem gairebé pugons.

- L'autoproducció de llavor, a partir de cultius sans i adaptats al país és la millor forma d'evitar entrada de virus via llavor.

- D'altra banda, la utilització de llavors i material vegetal certificat i garantit lliure de virus és particularment recomanable per virus que es transmeten per contacte i els no-persistents. Molta atenció a patates, alls, carxofa, calçot, etc. El material procedent d'importació ha de portar Passaport Fitosanitari CEE.

- Per sanejar al laboratori material viu (esqueixos, peus, tubercles etc.) es realitza exposant òrgans en repòs a temperatures de 36-38 °C i després de cert temps extraure'ls les gemes de creixement que s'hauran estirat més ràpid que no pas estès el virus. Aquests òrgans de creixement donaran plantes adultes per si sols o mitjançant el cultiu in vitro.

Varietats resistents o tolerants a virus

Per millora i selecció genètica convencional, es poden introduir resistències



Patatera afectada pe PVY

a diverses espècies a base d'entrecruar varietats silvestres resistents amb les varietats agrícoles i la descendència retrocruar-la varis cops amb la varietat agrícola per tornar-la a recuperar, ara resistent. La resistència de tipus absolut és difícil d'aconseguir i pot superar-se per una mutació del virus. En canvi, la resistència anomenada horitzontal implica que les plantes no resten immunes a la infecció i ho paguen amb certa reducció de la producció, però mantenen més temps aquesta característica persistent més en el temps tolerants. Un bon exemple són les varietats de pebrots resistents al virus del mosaic del tabac (TMV) que porten més de 30 anys exitoses.

Paral·lelament, l'enginyeria genètica ha trobat en els virus vegetals un substrat idoni per a desenvolupar la investigació de plantes transgèniques amb resistències forànies introduïdes. Això planteja altre cop inquietud per la forma monolítica de pensar de la comunitat científicoempresarial i el desequilibri d'inversió entre el desenvolupament d'aquestes varietats i la investigació dels seus efectes, per no dir respecte l'estudi d'altres alternatives més properes a l'agricultor.

Mesures legislatives

No només és necessari posar a punt protocols per a la certificació de material de propagació i el control del trànsit massiu d'exportacions i importacions d'aquest, sinó que cal posar mesures per evitar el continu incompliment de les normes que regulen el mercat internacional. Altre cop sembla que el mal i el "remei" surtin del mateix lloc.

SITUACIÓ ACTUAL A CASA NOSTRA

Des de mitjans dels 90 el virus de bronzejat (TSWV) ha acaparat els titulars i fins a l'arribada de varietats tolerants i la modificació d'alguns hàbits de cultiu es pot dir que gairebé ha impossibilitat el cultiu de tomàquet a l'exterior al llarg del litoral mediterrani peninsular. De mentre, les cases de fitosanitaris han fet l'agost amb productes antitrips. Ara els principals problemes es poden trobar en pebrot i enciam. Però el virus de moda (més pel risc potencial que pel que estigui afectant) és el de la cullera (TYLCV) que ha colpit Itàlia de forma severa. Els virus de transmissió per multiplicació vegetativa depenen de com siguin d'estrictes els controls del material vegetal. En concret cada any s'adverteix del risc del virus de l'enanisme groc (OYDV), que l'any passat va afectar al 80% de les plantacions primerenques de calçot. El virus de la tristesa dels cítrics (CTV) és majoritari en plantacions velles i el recanvi a peus resistents és l'única alternativa. La sharka dels fruiters de pinyol (PPV) ha incrementat al llavors peninsular, afecta sobretot a l'albercoc i a la prunera japonesa i s'està atent a la possible entrada de la soca "M" que pot afectar de forma important al presseguer. I com no, cada any es detecten nous virus a les plantacions intensives de tomàquet, com el del mosaic del cogombre dolç (PepMV) o el virus de l'esgrogueïment de les venes del cogombre (CVYV) i d'altres encara per identificar. □

BIBLIOGRAFIA:

- ACTA(2000) *Guide pratique de défense des cultures*. Ed: ACTA
- Conti, M. et al. (2000) *Principales virus de las plantas hortícolas*. Ed. Mundi Prensa.
- Cornell University *Vegetable MD n line* <<http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/cropindex.htm>>
- Magulis, L. i Sagan, D. (1997) *Què és la vida?*. Ed. Proa.
- Reche, M. (1991) *Enfermedades de las hortalizas en invernadero*. Ed. MAPA
- Stanier, R. et al. (1988) *Microbiología*. Ed. Reverté.
- University of Idaho *Plant viruses on line* <<http://image.fs.uidaho.edu/vide/>>
- Varis autors. (2000-01) *Revista Phytoma*. Núms 20 a 30.